

NO. Dok: 5675

Copy : 1

D
620.5
put
p

LAPORAN TUGAS AKHIR
PERBANDINGAN ANTARA AMMONIUM POLIFOSFAT
DENGAN POLIBROMO DIFENIL ETANA TERHADAP SIFAT
MUDAH TERBAKAR PADA KOMPON POLIPROPILENA

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH :

DIAZ AMARAL PUTRA 1514009

DERRY ERLANGGA 1514004

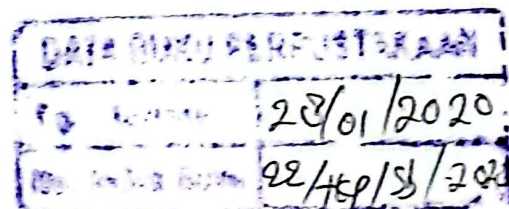
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER

POLITEKNIK STMI JAKARTA

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

JAKARTA

2018



LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR:


**PERBANDINGAN ANTARA AMMONIUM POLIFOSFAT
DENGAN POLIBROMO DIFENIL ETANA TERHADAP SIFAT
MUDAH TERBAKAR PADA KOMPON POLIPROPILENA**

NAMA : DERRY ERLANGGA
DIAZ AMARAL PUTRA
NIM : 1514004
1514009
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

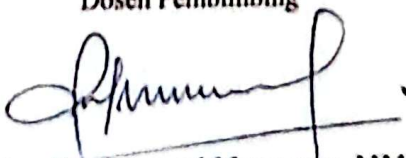
Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Agustus 2018

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer


Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing


Ir. Parullah Leonard Marpaung, MM
NIP. 195702141985031002

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

Nama : DERRY ERLANGGA / DIAZ AMARAL PUTRA
Nim : 1514004 / 1514009
Judul TA Penelitian : PERBANDINGAN ANTARA AMMONIUM
POLIFOSFAT DENGAN POLIBROMO DIFENIL
ETANA TERHADAP SIFAT MUDAH TERBAKAR
PADA KOMPON POLIPROPILENA KOMPON
POLIPROPILENA
Pembimbing : Ir. PARULIAN LEONARD MARPAUNG, MM

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
5 Februari 2018		Membahas rencana tugas akhir Membahas proposal tugas akhir Membahas studi literatur	<i>Reo</i>
21 Februari 2018		Merangkum studi literatur Membahas proposal tugas akhir	<i>Reo</i>
6 Maret 2018	1-2	Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan tinjauan pustaka	<i>Reo</i>
14 Maret 2018	1-3	Revisi latar belakang, batasan masalah, tujuan dan tinjauan pustaka	<i>Reo</i>
23 Maret 2018	1-4	Revisi tinjauan pustaka dan pembuatan proposal tugas akhir	<i>Reo</i>
28 Juni 2018	2-4	Revisi penulisan laporan, tinjauan pustaka dan pembahasan hasil penelitian	<i>Reo</i>
5 Juli 2018	2-4	Revisi penulisan laporan dan revisi hasil penelitian	<i>Reo</i>
11 Juli 2018	2-5	Revisi penulisan laporan dan pembahasan kesimpulan	<i>Reo</i>
19 Juli 2018	2-5	Revisi penulisan laporan dan revisi kesimpulan	<i>Reo</i>
30 Juli 2018	1-5	Pembahasan keseluruhan laporan tugas akhir	<i>Reo</i>

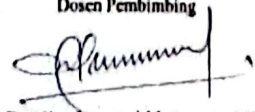
1 Agustus 2018	1-5	Revisi keseluruhan penelitian	RCO
----------------	-----	-------------------------------	-----

Jakarta, Agustus 2018

Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer


Ir. Roosmartharo, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing


Ir. Parulan Leonard Marnang, MM
NIP. 195702141985031002

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42880064 Fax: (021) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor : 022/SJ-IND.7.2/V/2018
Lampiran : 1 (satu)
Penhal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018

Jakarta, 31 Mei 2018

Kepada
Yth. Bapak Ir. Parulian Leonard Marpaung,
MM
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/ KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami berharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Derry Erlangga
No. Induk : 1514004

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Halogen Free Flame Retardant Sebagai Pengganti Halogen Flame Retardant Sebagai Pengganti Halogen Flame Retardant Pada Kompon Polipropilen. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Direktur,

Dr. Mustofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Lestari Suprpto No. 28 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42889064 Fax: (021) 42882206

www.stmi.ac.id



Nomor : 033 /SJ-IND.7.2/V/2018
Lampiran : 1 (satu)
Perihal : Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2017/2018

Jakarta, 31 Mei 2018

Kepada
Yth. Bapak Ir. Parullian Leonard Marpaung,
MM
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/ KEP/01 /2018 tanggal 03 Januari 2018 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2017/2018, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Diaz Amaral Putra

No. Induk : 1514009

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Halogen Free Flame Retardant Sebagai Pengganti Halogen Flame Retardant Pada Kompon Polipropilen . "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Direktur,



Dr. Mustofa, ST, MT

NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

JUDUL PENELITIAN :

**PERBANDINGAN ANTARA AMMONIUM POLIFOSFAT DENGAN
POLIBROMO DIFENIL ETANA TERHADAP SIFAT MUDAH TERBAKAR
PADA KOMPON POLIPROPILENA**

DISUSUN OLEH :
NAMA : DERRY ERLANGGA
NIM : 1514004
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik
Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 13 Agustus 2018.

Jakarta, Agustus 2018

Penguji,



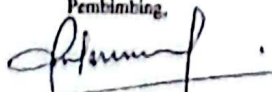
Dr. Erfina Ostariani, S.T., M.T.
NIP. 1982100120140022001

Penguji,



Ir. Rosnail Widjajanti, M. Eng.
NIP. 19560910194032002

Pembimbing,



Ir. Parvihan Leonard Marhaeng, MM.
NIP. 1957021419850311602

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

JUDUL PENELITIAN :

**PERBANDINGAN ANTARA AMMONIUM POLIFOSFAT DENGAN
POLIBROMO DIFENIL ETANA TERHADAP SIFAT MUDAH TERBAKAR
PADA KOMPON POLIPROPILENA**

DISUSUN OLEH :

**NAMA : DIAZ AMARAL PUTRA
NIM : 1514009
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER**

**Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi Teknik
Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 13 Agustus 2018.**

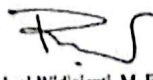
Jakarta, Agustus 2018

Penguji,



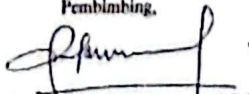
**Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP. 1982100120140022001**

Penguji,



**Ir. Rochmi Widajanti, M. Eng.
NIP. 19560910194032002**

Pembimbing,



**Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.
NIP. 1957021419850311002**

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

JUDUL PENELITIAN

PERBANDINGAN ANTARA AMMONIUM POLIFOSFAT DENGAN
POLIBROMO DIFENIL ETANA TERHADAP SIFAT MUDAH TERBAKAR
PADA KOMPON POLIPROPILENA

DISUSUN OLEH:

NAMA : DERRY ERLANGGA
NIM : 1514004
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer
pada Politenik STMI Jakarta pada hari Jumat, 7 September 2018.

Jakarta, September 2018

Penguji I

Dr. Erlina Oktariani, S.T., M.T

NIP. 198210012014022001

Penguji III

Ir. Rochmi Widjiantih, M.Eng

NIP. 198407162014021001

Penguji II

Ir. Rosmariharno, MIPA

NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing

Ir. Parulian Leonard M, MIM

NIP. 195702141985031002

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

POLITEKNIK STMI JAKARTA KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

JUDUL PENELITIAN

PERRANDINGAN ANTARA AMMONIUM POLIFOSFAT DENGAN
POLIBROMO DIFENIL ETANA TERHADAP SIFAT MUDAH TERBAKAR
PADA KOMPON POLIPROPILENA

DISUSUN OLEH:

NAMA : DIAZ AMARAL PUTRA
NIM : 1514009
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer
pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 10 September 2018.

Jakarta, September 2018

Penguji I

Dr. Erlina Oktaria, S.T., M.T.

NIP. 198210012014022001

Penguji III

Ir. Rochmi Widiasanti, M.Eng.

NIP. 198407162014021001

Penguji II

Ir. Rosmarharno, MBA

NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing

Ir. Parulia Leonardi M. MM

NIP. 195702141985031002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Derry Erlangga

NIM : 1514004

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya tugas akhir yang saya buat dengan judul "Perbandingan antara Ammonium Polifosfat dengan Polibromo Difenil Etana Terhadap Sifat Mudah Terbakar pada Kompon Polipropilena".

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing, melalui tanya-jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dengan mencantumkan referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis tugas akhir kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya tulis tugas akhir ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Yang Membuat Pernyataan



Derry Erlangga

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Kami Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Diaz Amaral Putra
NIM : 1514009
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya tugas akhir yang saya buat dengan judul "Perbandingan antara Ammonium Polifosfat dengan Polibromo Difenil Etana Terhadap Sifat Mudah Terbakar pada Kompon Polipropilena".

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing, melalui tanya-jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dengan mencantumkan referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis tugas akhir kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya tulis tugas akhir ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Yang Membuat Pernyataan



Diaz Amaral Putra

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Perbandingan antara Ammonium Polifosfat dengan Polibromo Difenil Etana Terhadap Sifat Mudah Terbakar pada Kompon Polipropilena”. Penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi agar dapat menyelesaikan studi di jurusan Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I. Pengambilan data dilakukan di PT. Intera Lestari Polimer, Balaraja. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari s.d Agustus 2018. Pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung selama pelaksanaan dan penulisan laporan tugas akhir penelitian ini terutama kepada:

1. Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya.
2. Orang tua kami yang selalu mendoakan dan mendukung.
3. Dr. Mustofa, S.T, M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
4. Ir. Roosmariharso, MBA. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM. selaku dosen pembimbing penelitian di Politeknik STMI Jakarta.
6. PT. Intera Lestari Polimer sebagai lokasi tempat penelitian.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penulisan laporan ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga berguna bagi penulis untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Agustus 2018

Penulis

ABSTRAK

Isu lingkungan seperti bahan pencemar organik yang bersifat persisten (bahan kimia beracun yang tidak mudah terurai di lingkungan). Saat ini menjadi salah satu permasalahan yang hangat dibicarakan. Salah satu sumber bahan pencemar organik yang bersifat persisten adalah bahan penghambat api berbasis halogen yaitu polibromo difenil etana (PBDE) pada plastik yaitu polipropilena (PP). Timbulnya masalah tersebut mendorong penggantian menjadi bahan penghambat api berbasis bebas halogen yaitu ammonium polifosfat (APP). Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara ammonium polifosfat dengan polibromo difenil etana terhadap sifat mudah terbakar dengan parameter nyala api, tetesan, waktu untuk padam, dan luas area yang terbakar pada kompon polipropilena. Pada penelitian ini dilakukan penambahan PBDE sebagai bahan pembanding serta APP sebagai bahan pengganti terhadap kompon PP dengan variasi aditif bahan penghambat api terhadap kompon polipropilena 11-20 % berat, 21-30 % berat, dan 31-40 % berat. Proses pembuatan kompon PP yaitu pencampuran aditif bahan penghambat api dengan resin PP pada alat *kneader*. Kompon PP hasil dari *kneader* berbentuk bongkahan besar sehingga perlu diperkecil dengan menggunakan *crusher*. Kemudian kompon polipropilena dicetak menjadi sampel uji menggunakan *injection moulding*. Lalu dilakukan uji UL-94V (sifat mudah terbakar). Pada penelitian ini APP 31-40 % berat terhadap PP memiliki potensi sebagai pengganti PBDE.

Kata kunci: polipropilena, bahan penghambat api, ammonium polifosfat, polibromo difenil etana, sifat mudah terbakar.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING	vi
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR	viii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	x
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	xii
KATA PENGANTAR	xiv
ABSTRAK	xv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Polipropilena	5
2.1.1 Sifat - sifat Polipropilena	5
2.2 Zat Aditif.....	8
2.2.1 Bahan penstabil (<i>Stabilizer</i>)	8
2.2.2 Bahan penghambat api (<i>Flame Retardant</i>)	9

2.3 Bahan pengisi (<i>Filler</i>)	16
2.4 Kompon.....	17
2.5 <i>Kneader</i>	17
2.6 <i>Injection Molding</i>	18
2.7 <i>Crusher</i>	19
2.8 UL-94	23
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Alat dan Bahan.....	28
3.2.1 Alat.....	28
3.2.2 Bahan	28
3.3 Variabel.....	29
3.3.1 Variabel Tetap.....	29
3.3.2 Variabel Bebas	29
3.4 Prosedur Penelitian.....	29
3.5 Pembuatan Sampel Kompon Plastik	30
3.6 Pengujian UL-94V (sifat mudah terbakar).....	31
3.7 Skema Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil dan Pembahasan.....	33
4.1.1 Analisis UL-94V (sifat mudah terbakar).....	33
BAB V PENUTUP	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN A	41
LAMPIRAN B	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi UL-94.....	24
Tabel 2.2 Macam-macam uji UL-94.....	24
Tabel 2.3 Klasifikasi Material UL-94	25
Tabel 3.1 Variabel Tetap.....	29
Tabel 3.2 Variabel Bebas	29
Tabel 3.3 Skema Penelitian.....	32
Tabel 4.1 Keterangan Kriteria Uji UL-94V (sifat mudah terbakar)	33
Tabel 4.2 PP-PBDE (11-20 % berat).....	33
Tabel 4.3 PP-PBDE (21-30 % berat).....	34
Tabel 4.4 PP-PBDE (31-40 % berat).....	34
Tabel 4.5 PP-APP (11-20 % berat).....	35
Tabel 4.6 PP-APP (21-30 % berat)	35
Tabel 4.7 PP-APP (31-40 % berat)	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi polimerisasi propilena menjadi polipropilena	5
Gambar 2.2 Rumus struktur polipropilena (a) Isotatik, (b) Atatik dan (c) Sindiotatik.	7
Gambar 2.3 Polibromo difenil eter.....	10
Gambar 2.4 Polibromo difenil etana	10
Gambar 2.5 Heksabromo siklododekana	11
Gambar 2.6 Tetrabromo bisfenol-A	11
Gambar 2.7 Bromo fenol.....	12
Gambar 2.8 Tetrabromo ftalik Anhidrat	12
Gambar 2.9 Bromo polistirena.....	13
Gambar 2.10 Ester fosfat.....	13
Gambar 2.11 Ammonium Polifosfat.....	14
Gambar 2.12 Reaksi Pelepasan Molekul Air	14
Gambar 2.13 Mesin <i>Kneader</i>	18
Gambar 2.14 <i>Injection Moulding</i>	19
Gambar 2.15 <i>Jaw Crusher</i>	20
Gambar 2.16 <i>Impact Crusher</i>	20
Gambar 2.17 <i>Roll Crusher</i>	21
Gambar 2.18 <i>Hammer Mill</i>	22
Gambar 2.19 <i>Cone Crusher</i>	22
Gambar 2.20 <i>Hammer Roller Mill</i>	23
Gambar 2.21 Uji Pembakaran Horizontal dengan metode UL-94HB	25
Gambar 2.22 Uji Pembakaran Vertikal dengan metode UL-94V	26
Gambar 2.23 Sampel Pengujian dengan metode UL-94V dan UL-94HB	26
Gambar 2.24 Sampel Pengujian dengan metode UL-94 5V	27
Gambar 3.1 Diagram Pembuatan Kompon Polipropilena.....	30

DAFTAR SIMBOL

1. s : *second* (detik)
2. °C : derajat Celsius
3. % : persentase
4. cm : Sentimeter
5. mm : Milimeter
6. cm³ : Sentimeter kubik
7. Inch : Inchi
8. cm³/g : Sentimeter kubik per-gram
9. % wt : persentase berat

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang yang menggunakan bahan dasar plastik semakin meningkat. Plastik merupakan polimer sintesis yang paling populer karena banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk [1].

Umumnya salah satu jenis plastik yang sering digunakan adalah polipropilena (PP). Polipropilena merupakan jenis plastik yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena umumnya memiliki sifat mekanis yang baik dengan massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembaban yang baik [1].

Polipropilena dihasilkan dari reaksi polimerisasi monomer propilena yang berasal dari proses perengkahan minyak bumi [2]. Polipropilena memiliki titik leleh yang cukup tinggi hingga 190-200 °C, sedangkan titik kristalisasinya antara 130-135 °C. Polipropilena memiliki sifat yang transparan dan tembus cahaya sehingga baik untuk kemasan dan barang [2].

Pada sekitar tahun 1950 sampai 1980 terjadi banyak kasus kebakaran di negara-negara eropa dan Amerika Serikat sehingga membuat pemerintah berusaha mengembangkan sebuah bahan yang mampu memperkecil bahaya api pada suatu bahan yaitu bahan penghambat api [2].

Bahan penghambat api berbasis halogen secara internasional telah dilarang penggunaannya di industri karena berpotensi sebagai bahan pencemar organik yang bersifat persisten di lingkungan atau *Persistent Organic Pollutants* (POPs) sesuai dalam Konvensi Stockholm tentang POPs yang ditandatangani 172 negara pada tahun 2001 [3].

Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Hal ini disebabkan karena plastik memiliki harga yang lebih murah dibandingkan material lain sehingga menghemat biaya pengeluaran, tidak berkarat, tidak mudah pecah, ringan dan kekuatannya tidak kalah dengan bahan kayu, kaca atau logam. Plastik juga bisa dipadu dengan material lain untuk memperbaiki sifat-sifat fisiknya [5].

Program pengembangan industri hijau sesuai amanat undang-undang nomor 3 tahun 2014 yang sedang dilaksanakan Kementerian Perindustrian, dimana setiap sektor manufaktur nasional perlu menerapkan prinsip yang ramah lingkungan. Upaya yang dilakukan melalui efisiensi dan efektivitas dalam penggunaan bahan baku secara berkelanjutan pada proses produksi [6].

Oleh karena itu penelitian ini dimaksudkan untuk mencari bahan alternatif pengganti bahan penghambat api berbasis halogen (polibromo difenil etana) yaitu bahan penghambat api berbasis bebas halogen (ammonium polifosfat).

Pada penelitian ini resin polipropilena akan diproses menjadi kompon dengan menggunakan mesin *kneader*. Hasil dari *kneader* berbentuk bongkahan besar diperkecil menggunakan *crusher* menjadi bentuk kerikil lalu dicetak menggunakan *injection moulding* Selanjutnya akan dilakukan pengujian sifat mudah terbakar menggunakan metode uji UL-94V terhadap kompon hasil proses tersebut untuk mengetahui pengaruh konsentrasi bahan penghambat api terhadap sifat mudah terbakar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan permasalahan untuk penelitian ini adalah bagaimana perbandingan antara ammonium polifosfat dengan polibromo difenil etana terhadap sifat mudah terbakar dengan parameter nyala api, tetesan, waktu untuk padam dan luas area terbakar pada kompon polipropilena?

1.3 Batasan Masalah

1. Resin yang digunakan adalah polipropilena

2. Aditif bahan penghambat api yang digunakan adalah ammonium polifosfat dan polibromo difenil etana
3. Kompon polipropilena dibuat dengan menggunakan *kneader*.
4. Proses pengecilan bongkahan kompon polipropilena menjadi sebesar kerikil dengan menggunakan *crusher*.
5. Proses pembuatan sampel uji menggunakan *injection moulding*.
6. Metode uji yang digunakan adalah uji sifat mudah terbakar UL-94V

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini yaitu: mengetahui perbandingan antara ammonium polifosfat dengan polibromo difenil etana terhadap sifat mudah terbakar dengan parameter nyala api, tetesan, waktu untuk padam dan luas area terbakar pada kompon polipropilena.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam penelitian, serta menambah wawasan dalam berpikir ilmiah.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan aditif bahan penghambat api terhadap sifat mudah terbakar api pada polipropilena.

1.6 Sistematika Penelitian

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Di dalamnya terdapat lima bab yang saling berkaitan erat. Adapun susunan kelima bab tersebut diuraikan di bawah.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penguraian mengenai latar belakang mencari pengganti bahan penghambat api berbasis halogen yaitu polibromo difenil etana (PBDE) adalah bahan penghambat api berbasis bebas halogen yaitu ammonium polifosfat (APP) pada plastik yaitu polipropilena (PP), rumusan masalah yang muncul dari latar belakang, batasan masalah dari hasil perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, dan manfaat yang dapat diperoleh, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat dasar teori, polimer polipropilena, zat aditif, bahan pengisi (*filler*), kompon, *kneader*, *injection moulding*, *crusher*, dan UL-94.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penguraian tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan selama penelitian, variabel tetap dan bebas, prosedur, pembuatan sampel kompon plastik polipropilena-aditif bahan penghambat api halogen dan bebas halogen, pengujian UL-94V (sifat mudah terbakar), dan skema penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat data hasil dan pembahasan dari analisis UL-94V (sifat mudah terbakar) pada kompon polipropilena-aditif bahan penghambat api berbasis halogen dan bebas halogen dapat berbentuk tabel mengenai pembahasan tinjauan pustaka pada BAB II terhadap hasil pengujian atau analisis data pada BAB IV yang telah dilakukan sesuai metode pada BAB III.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dari data hasil dan pembahasan dari analisis UL-94V (sifat mudah terbakar) pada kompon polipropilena-aditif penghambat api berbasis halogen dan bebas halogen serta saran, kesimpulan memuat pernyataan singkat dan tepat yang dijabarkan dari hasil penelitian dan pembahasan pada BAB IV untuk menjawab permasalahan pada BAB I. Sedangkan saran dibuat berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis yang ditunjukkan kepada para peneliti yang ingin melanjutkan, mengembangkan atau mengaplikasikan penelitian yang sudah dihasilkan.

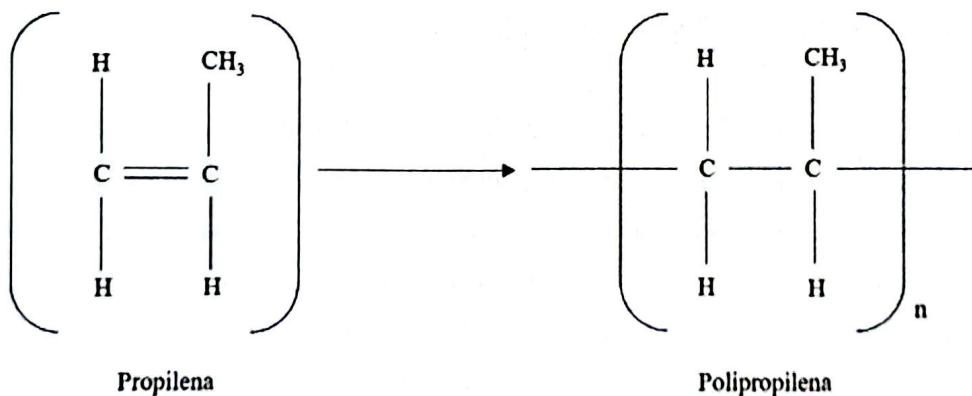
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polipropilena

Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Polipropilena berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari minyak bumi [9].

Polipropilena merupakan produk petrokimia hilir yang terbuat dari bahan baku propena yang diperoleh dari distilasi minyak bumi, lalu diproses menjadi propilena dengan cara *cracking*, dehidrogenasi, dan eliminasi, kemudian melewati proses polimerisasi menjadi polipropilena [9]. Sifat polipropilena bervariasi tergantung pada kondisi proses, komponen polimer (homopolimer atau kopolimer) berat molekul serta distribusi dari berat molekulnya. Reaksi polimerisasi propilena menjadi polipropilena ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Reaksi polimerisasi propilena menjadi polipropilena

Sumber: Ramli Thahir, Alwathan, 2012

2.1.1 Sifat – sifat polipropilena

Polipropilena merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas 0,90-0,94 g/cm³. Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan polipropilena memiliki sifat yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap tekanan tinggi [3].

Kristalinitas polipropilena dipengaruhi oleh laju pendinginan. Misalnya dalam suatu proses pencetakan termoplastik membentuk barang jadi yang tebal dan luas, bagian tengah akan menjadi dingin lebih lambat daripada bagian luar yang bersentuhan langsung dengan cetakan. Akibatnya akan terjadi perbedaan derajat kristalinitas pada permukaan dengan bagian tengahnya [3]. Polipropilena juga mempunyai sifat isolator yang baik, mudah diproses dan sangat tahan terhadap air karena hidrofobik [3].

Ada banyak penerapan penggunaan akhir untuk PP karena dalam proses pembuatannya dengan tambahan aditif. Sebagai contoh, berbagai aditif antistatik bisa ditambahkan untuk memperkuat resistensi permukaan PP terhadap debu dan pasir. Perawatan permukaan bisa diterapkan ke berbagai bagian PP untuk meningkatkan adhesi (rekatan) cat dan tinta cetak [3].

Secara umum proses pembuatan polipropilena terbagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Homopolimer

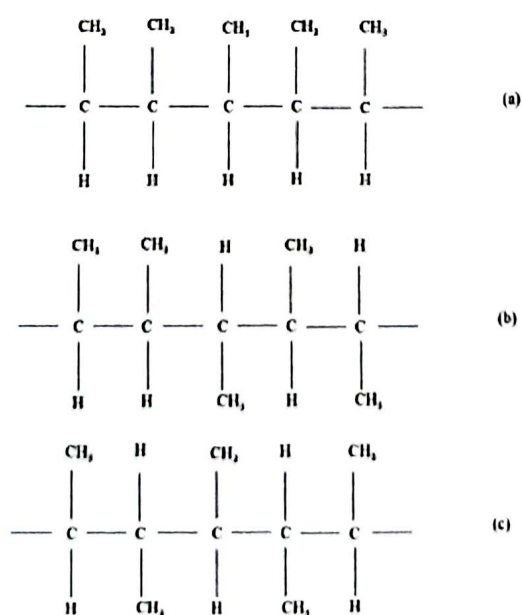
Polipropilena (PP) homopolimer adalah polimer yang terbentuk hanya dari satu jenis monomer yaitu propilena. PP homopolimer bersifat kaku, dan tangguh [3].

2. Kopolimer Random

Kopolimer random diproduksi dengan adanya penambahan komonomer pada rantai utama polipropilena. Komonomer bersubstitusi dengan propilena pada saat proses pembentukan rantai polimer. Substitusi yang terjadi adalah secara acak, sehingga komonomer tersebar sepanjang rantai polimer, terkadang kopolimer random juga dapat membentuk kopolimer blok. Hal ini dipengaruhi pada jenis katalis yang digunakan, kondisi proses polimerisasinya, serta kereaktifan komonomer terhadap propilena. Kopolimer random akan membuat struktur molekulnya menjadi amorf sehingga menurunkan temperatur lelehnya dibandingkan dengan polipropilena homopolimer. Kopolimer random memiliki temperatur transisi gelas yang lebih rendah daripada homopolimer, hal ini dipengaruhi pada tipe, jumlah dan distribusi komonomer saat proses polimerisasi berlangsung [3].

3. Kopolimer Impak

Kopolimer impact atau kopolimer blok terbentuk dengan penambahan karet etilena-propilena (*ethylene-propylene rubber/EPR*), monomer etilena-propilena diena (*ethylene-propylene diene monomer/EPDM*), polietilena, atau elastomer yang ditambahkan pada homopolimer atau kopolimer random. Proses pembentukan polimer ini biasanya menggunakan katalis metalosen, sehingga komonomer dapat tersubstitusi secara merata. Morfologi dan kristalinitas dari kopolimer impact tergantung pada komposisi kimia, jumlah dari fase komonomer yang ditambahkan, persebaran berat molekul dan viskositas relatif antara homopolimer dengan kopolimer impact. Kopolimer impact memiliki karakteristik ketahanan terhadap beban impact dan ketangguhan yang tinggi daripada homopolimer. Ketahanan impact tergantung pada jenis, jumlah serta morfologi dari komonomer yang ditambahkan. Aplikasi kopolimer impact digunakan untuk peralatan rumah tangga, suku cadang kendaraan bermotor, bagasi, peralatan untuk di luar ruangan, aplikasi otomotif, kemasan makanan [3].



Gambar 2.2 Rumus struktur polipropilena (a) Isotaktik, (b) Ataktik dan (c) Sindiotaktik

Sumber: Ramli Thahir, Alwathan, 2012

Berdasarkan letak gugus metilnya, polipropilena terbagi menjadi isotaktik, sindiotaktik dan ataktik. Hal ini dipengaruhi dari penggunaan katalis, serta kondisi operasi saat proses polimerisasi yang meliputi tekanan, temperatur dan laju pendinginan polimer. (1) Gugus metil yang terbentuk dapat muncul di dalam rantai secara acak; dijumpai pada polipropilena ataktik membentuk struktur amorf. (2) Gugus metil muncul secara berselang-seling dari sisi yang satu ke sisi yang lain dari rantai; dijumpai pada polipropilena sindiotaktik. (3) Gugus metil hanya terletak pada satu sisi, disebut polipropilena isotaktik. Rumus strukturnya dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.

2.2 Zat aditif

Aditif adalah senyawa kimia yang bila ditambahkan akan memperbaiki sifat kimia, sifat fisik, dan sifat mekanik seperti yang diharapkan [11]. Berdasarkan fungsinya, bahan tambahan atau zat aditif polimer dapat dikelompokkan menjadi :

1. bahan pelunak (*plasticizer*)
2. bahan penstabil (*stabilizer*)
3. bahan pelumas (*lubricant*)
4. bahan pengisi (*filler*)
5. pewarna (*colorant*)

2.2.1 Bahan penstabil (*Stabilizer*)

Bahan penstabil berfungsi untuk mempertahankan produk plastik dari kerusakan, baik selama proses, dalam penyimpanan maupun aplikasi produk [11]. Ada 3 jenis bahan penstabil yaitu:

1. Penstabil panas (*heat stabilizer*)

Menghambat degradasi termal, energi (panas) yang terserap dapat memicu pembentukan radikal bebas yang dapat menimbulkan reaksi dengan oksigen, hal ini yang dapat menimbulkan warna kuning atau kecoklat-coklatan pada produk akhir [11].

2. Penstabil terhadap sinar ultra violet (*UV stabilizer*)

Matahari memiliki panjang gelombang sampai di permukaan bumi sekitar 3000-4000 Å, hal ini dapat memisahkan ikatan yang menyebabkan degradasi langsung pada bahan polimer. Penyerap UV menyerap energi UV dan menggunakan energi yang sama untuk perubahan dalam dari molekul penyerap agar tidak diteruskan ke bahan polimernya. Contohnya adalah fenil salisilat, benzotriazol [11].

3. Antioksidan

Mengurangi kerusakan produk dari proses oksidasi yang dapat memutuskan rantai polimer [11].

2.2.2 Bahan penghambat api (*flame retardant*)

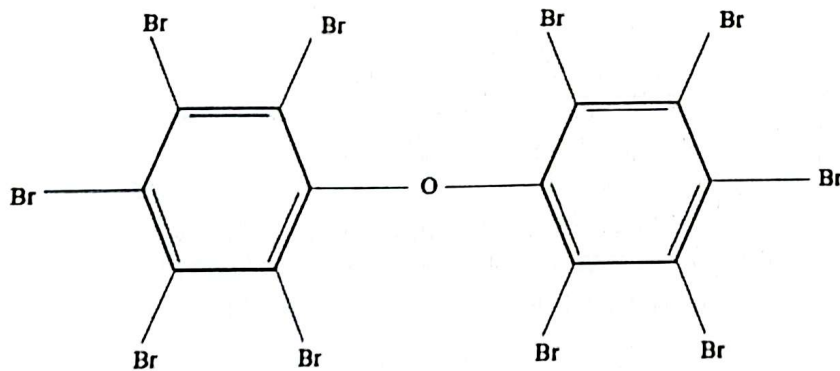
Bahan penghambat api adalah bahan kimia yang ditambahkan untuk memperbesar hambatan terhadap sumber api [13]. Pada dasarnya di desain untuk tahan terhadap resiko sumber api minimum seperti dari kesalahan kelistrikan, bara rokok, nyala lilin. Jika nyala api tersambar ke material yang telah ditambahkan bahan penghambat api maka api perlahan akan padam dan mencegah api menyambar ke benda lainnya [14]. Dalam proses pemadaman api berikut ini:

1. Reaksi dalam fase gas: pembentukan radikal fase gas saat proses pembakaran. kemudian senyawa radikal tersebut menghambat proses pembakaran dengan menghasilkan sistem yang menekan gas yang mudah terbakar
2. Reaksi dalam fase padat: pembentukan lapisan *char* yang melindungi bahan mudah terbakar dari serangan sumber api dan oksigen.
3. Pendinginan: penyerapan energi (endotermik) dalam proses ini terjadi reaksi pelepasan molekul air yang menurunkan suhu serta menghambat proses pembakaran.
4. Pembentukan lapisan: proses pelapisan permukaan material yang mudah terbakar biasanya dengan cara penyemprotan atau pengolesan bahan penghambat api ke permukaan material yang mudah terbakar.
5. Pelarutan: merupakan sebuah mekanisme reaksi antara bahan yang mudah terbakar dengan bahan yang tidak mudah terbakar.

Berikut ini beberapa jenis bahan penghambat api berdasarkan senyawa pembentuknya:

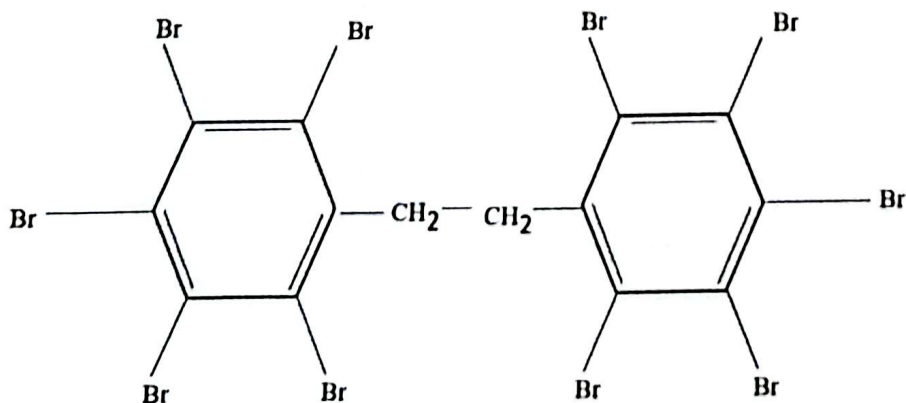
2.2.2.1 Bahan penghambat api berbasis halogen (*halogen flame retardant*)

Merupakan bahan penghambat api yang mengandung senyawa bromin dan klorin. Biasanya digunakan di kabel, kawat, peralatan rumah tangga, transportasi. Hingga saat ini produk komersial dari jenis ini ada sekitar 75 dengan sifat dan tingkat toksisitas yang berbeda-beda. Cara kerjanya pada kondisi fase gas membentuk mekanisme perangkap radikal [11]. Wujud produk ini biasanya dalam bentuk pelet, cairan, bubuk. Berikut beberapa produk:



Gambar 2.3 Polibromo difenil eter (PBDE)

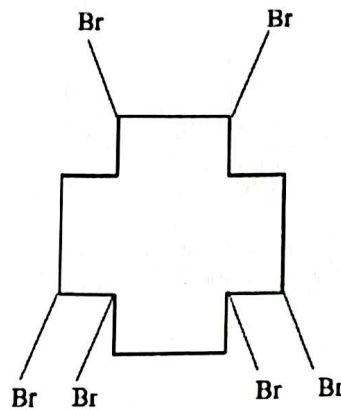
Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA), 2007*



Gambar 2.4 Polibromo difenil etana (PBDE)

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA), 2007*

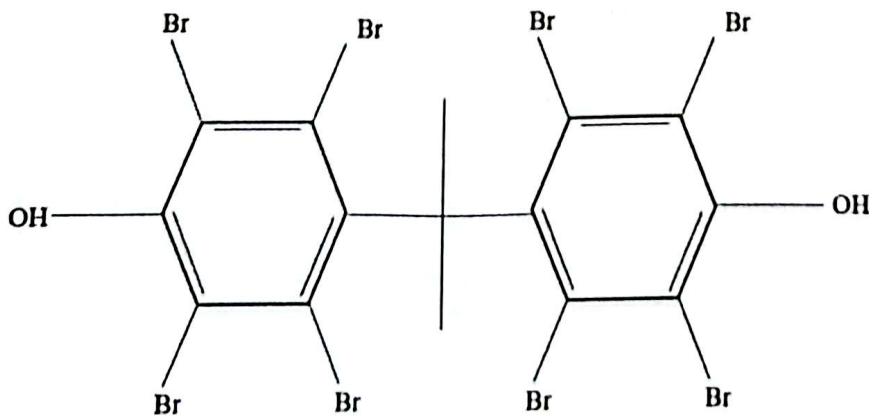
PBDE merupakan produk komersial yang memiliki 10 atom bromin yang terikat di molekul difenil eter, densitas yang tinggi dan kestabilan suhu yang tinggi. Biasanya diaplikasikan pada polimer stirena, poliolefin, poliester, nilon, dan tekstil. Perbedaan antara polibromo difenil etana lebih mudah terurai dibandingkan dengan polibromo difenil eter.



Gambar 2.5 Heksabromo siklododekana (HBCD)

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA). 2007*

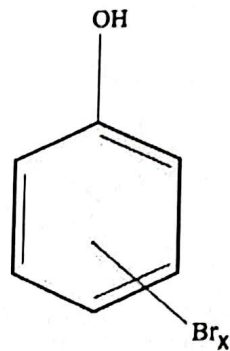
HBCD biasanya dikombinasikan dengan polistirena untuk insulator berbentuk *foam*. Biasanya diaplikasikan untuk gedung dan tekstil.



Gambar 2.6 Tetrabromo bisfenol-A (TBBPA)

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA). 2007*

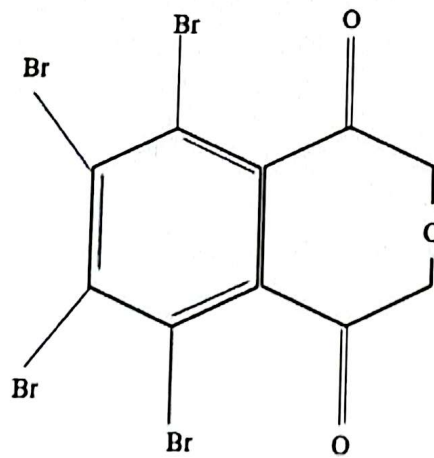
Tetrabromo bisfenol-A (TBBPA) biasanya digunakan untuk campuran resin epoksi, plastik ABS, biasanya diaplikasikan ke pelapisan, kabel, perangkat elektronik.



Gambar 2.7 Bromo fenol

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA)*. 2007

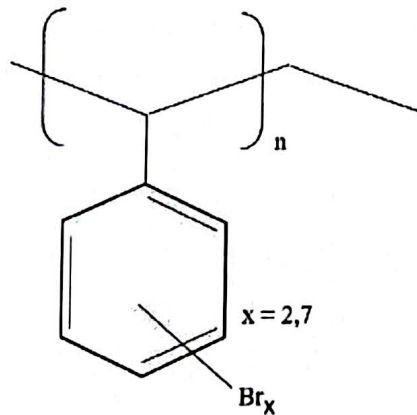
Biasanya digunakan sebagai campuran bahan penghambat api pada proses manufaktur.



Gambar 2.8 Tetrabromo ftalik anhidrat

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA)*. 2007

Biasanya digunakan untuk campuran pada polyester pada proses manufaktur papan sirkuit, telepon genggam.



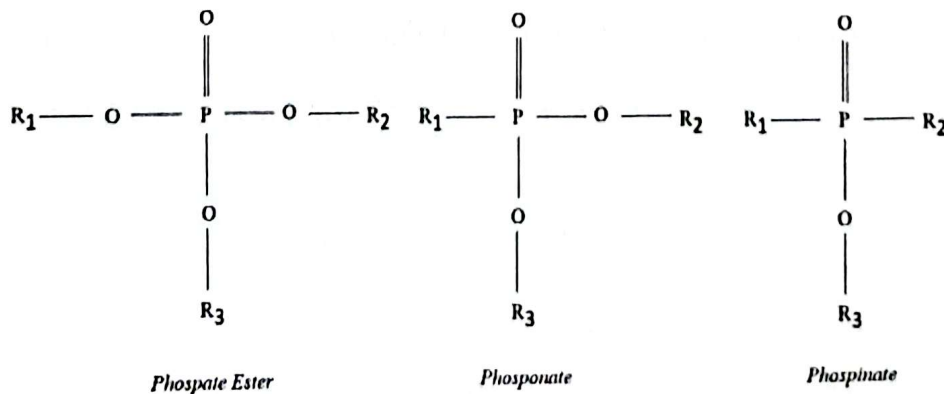
Gambar 2.9 Bromo polistirena

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA). 2007*

Biasanya digunakan untuk campuran poliester dan poliamida

2.2.2.2 Bahan penghambat api berbasis fosforus/*Phosphorus flame retardant*

Bahan penghambat api berbasis fosforus/*phosphorus flame retardant* (PFR) merupakan bahan penghambat api dengan aplikasi yang sangat luas karena terjadi dua cara pemadaman baik secara kimia dengan reaksi maupun fisika dengan pembentukan *char*. Jenis-jenis PFR:

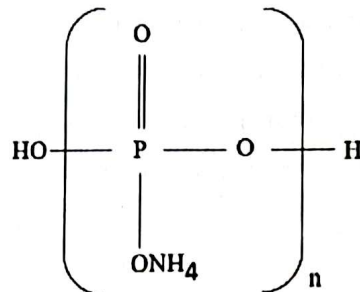


Gambar 2.10 ester fosfat

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA). 2007*

Pada gambar dapat kita lihat bahwa terdapat tiga jenis yang strukturnya berbeda namun memiliki fungsi yang sama. Penggunaan bahan penghambat api ini sangat

cocok dikombinasikan dengan poliamida dan polyester. Biasanya diaplikasikan untuk pelapisan cat otomotif, peralatan rumah tangga, elektronik.



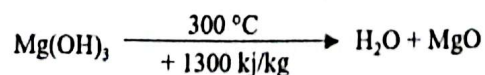
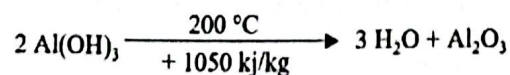
Gambar 2.11 Ammonium polifosfat

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA)*, 2007

Ammonium polifosfat biasanya diaplikasikan untuk cat pelapis, dikombinasikan dengan poliuretan dan poliolefin, tekstil.

2.2.2.3 Bahan penghambat api berbasis mineral/*Mineral flame retardant (MFR)*

Sejauh ini aluminium trihidroksida (ATH) yang paling banyak digunakan sebagai bahan penghambat api. Tetapi biasanya dibutuhkan konsentrasi ATH yang tinggi sebesar 40 % dari campuran dikarenakan mekanis pelepasan molekul air. Magnesium hidroksida (MDH) memiliki kestabilan suhu hingga 300 °C lebih baik daripada *aluminium trihydroxide* (ATH) yang kestabilan suhunya hingga 200 °C.



Gambar 2.12 Reaksi pelepasan molekul air

Sumber : *The European Flame Retardants Association (EFRA)*, 2007

Aplikasi lain dari ATH dan MDH dengan konsentrasi 2 %wt adalah sebagai antioksidan pada proses pembuatan kompon dan proses ekstrusi pada PVC menjadi kabel.

2.2.2.4 Bahan penghambat api berbasis nitrogen

Bahan penghambat api berbasis nitrogen dapat dibedakan menjadi: melamin murni, turunan melamin, yaitu garam dengan asam organik atau anorganik seperti asam borat, asam sianurat, asam fosfat atau asam polifosfat, terakhir hanya menemukan penggunaan eksperimental pada tahap ini. Mekanisme: Pada fase terkondensasi, melamin berubah menjadi struktur *cross-linked* yang mengakibatkan pembentukan *char* [15].

2.2.2.5 Boron

Aplikasi utama boron adalah penggunaan campuran asam boron dan boraks sebagai penghambat api untuk selulosa (kapas) dan boron zink untuk PVC dan plastik lainnya seperti poliolefin, elastomer, poliamida, dan resin epoksi. Dalam sistem penghambat api yang mengandung halogen, boron zink digunakan bersama dengan antimon tri oksida, sedangkan dalam sistem penghambat api bebas halogen, biasanya digunakan bersama dengan aluminium trihidroksida, magnesium hidroksida, atau fosfor merah. Dalam beberapa aplikasi tertentu boron zink dapat digunakan sendiri. Senyawa yang mengandung boron bekerja dengan melepaskan air secara bertahap dan membentuk lapisan kaca yang melindungi permukaan [15].

2.2.2.6 Antimoni trioksida

Antimoni trioksida tidak menunjukkan tindakan penghambat nyala api yang dapat dilihat sendiri. Bersama dengan senyawa yang mengandung halogen seperti BFR atau PVC dapat menghasilkan efek sinergis. Reaksi yang paling penting terjadi dalam fase gas dan merupakan hasil dari peningkatan mekanisme rantai radikal halogen. Antimoni trioksida karena itu banyak digunakan sebagai sinergis dalam sistem yang mengandung halogen [15].

2.2.2.7 Senyawa zink

Senyawa zink awalnya dikembangkan sebagai penekan asap untuk PVC. Kemudian ditemukan bahwa zink juga bertindak sebagai penghambat api dengan mekanisme pembentukan arang dalam plastik tertentu terutama. Zink sulfida

menunjukkan efek sinergis dalam PVC dan pada sebagian produk dapat menggantikan antimoni trioksida [15].

2.2.2.8 Grafit termodifikasi

Grafit termodifikasi dibuat dari grafit dengan asam kuat seperti asam sulfat atau asam nitrat. Asam terperangkap di lapisan kristal dari grafit. Ketika dipanaskan, grafit mulai mengembang hingga beberapa ratus cm^3 per gram, membentuk lapisan pelindung untuk polimer. Grafit termodifikasi digunakan dalam plastik, karet (elastomer), pelapis, dan tekstil. Untuk mendapatkan hasil yang baik dapat ditambahkan seperti amonium polifosfat, boron, zink. Warna hitam grafit membatasi penerapannya dalam beberapa kasus [15].

2.2.2.9 Nanokomposit

Nanokomposit telah mendapatkan perhatian yang meningkat sejak akhir 1990-an sebagai bahan penghambat api baru yang potensial. Nanokomposit adalah silikat berlapis polimer. Aplikasi nanokomposit berfokus pada plastik seperti polimetil meta akrilat (PMMA), polipropilena, polistirena, dan poliamida. Nanokomposit mencegah terjadinya tetesan dan pembentukan arang. Oleh karena itu, telah digunakan dalam beberapa kombinasi. Namun, membutuhkan pemrosesan khusus dan untuk sementara waktu tidak dianggap menjadi bahan penghambat yang berdiri sendiri [16].

2.3 Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi adalah suatu aditif padat yang ditambahkan ke dalam matrik polimer untuk meningkatkan sifat-sifat bahan [11]. umumnya memiliki fungsi, yaitu:

1. Penguat, dapat memperkuat polimer dan meningkatkan sifat mekanik.
2. Perbaikan dari temperatur deformasi termal; temperatur deformasi termal dapat dinaikkan dengan menggunakan gelas dan mika.
3. Digunakan untuk mengisi ruang dan mengurangi jumlah resin yang digunakan dalam proses produksi.
4. Sifat isolasi listrik.
5. Hantaran listrik diberikan pada bahan polimer dengan menggunakan bubuk perak, tembaga dan logam lain atau karbon hitam.

Pengisi memiliki fungsi untuk menghasilkan peningkatan spesifik dalam sifat mekanik dan sifat fisis. Perlakuan dari bahan pengisi memungkinkan menjadi pendukung beberapa mekanisme. Beberapa pengisi membentuk ikatan kimia dengan materi sebagai penguat; sebagai contoh, karbon hitam menghasilkan ikatan silang didalam elastomer dengan memakai reaksi radikal [11].

Partikel-partikel inorganik untuk bahan pengisi polimer telah digunakan secara luas karena pada umumnya lebih murah dalam pembiayaan. Bahan pengisi yang sering digunakan adalah, fiber kaca, mika, talk, SiO_2 dan CaCO_3 . Biasanya digunakan dalam polimer alam dan polimer sintetik untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat-sifat fisik bahan. Penambahan pengisi bertujuan mengurangi biaya, mewarnai, menguatkan, dan memperbaiki sifat bahan polimer [11].

2.4 Kompon

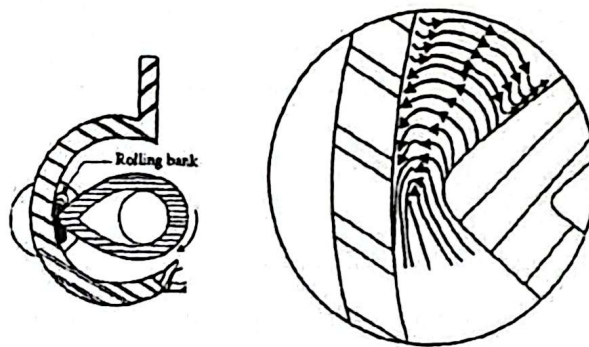
Kompon yaitu bahan mentah yang telah dicampur dengan bahan baku penunjang lainnya seperti bahan pengisi, bahan penguat, akselerator, dan bahan-bahan yang dapat memperbaiki sifat fisik, sifat kimia, sifat mekanik, dan pemrosesan. Dengan menggunakan mesin giling seperti *open mill*, *kneader* atau *banbury* yang jika dipanaskan dengan temperatur dan waktu yang cukup akan berubah menjadi barang yang bersifat permanen dalam bentuk kompon. Kompon dapat dibuat sesuai dengan formulasi yang dibutuhkan sesuai dengan kriteria akhir yang dibutuhkan [6].

Pembuatan dan pembentukan kompon merupakan tahap awal dari produksi barang jadi. Pembuatan kompon dilakukan dengan cara pencampuran bahan mentah dengan bahan kimia lain sesuai dengan formulasi yang dibutuhkan didalam mesin pencampur dan pembentukan dilakukan didalam mesin pembentuk setelah terlebih dahulu dilunakkan. Mesin pembentuk kompon (*compounder*) mampu melunakkan kompon dengan cara menggesek dan memanaskannya di dalam silinder dan kemudian dibentuk dalam cetakan [4].

2.5 *Kneader*

Kneader adalah alat yang bertanggung jawab sebagai pengaduk bahan baku yang akan digunakan untuk dibuat sebagai kompon. Pada dasarnya mesin pencampur

ruang tertutup seperti pada Gambar. 2.3 Ini memiliki dua rotor yang beroperasi pada kecepatan rendah. Pencampuran bahan terjadi antara rotor dan sisi ruang. Bahan-bahan dimasukkan dari pembukaan yang berada di ruang atas. Tekanan diterapkan oleh ram yang menutup gerbang pembukaan ruangan. Pencampuran bahan dilakukan oleh dua rotor dan dinding samping ruangan [17].

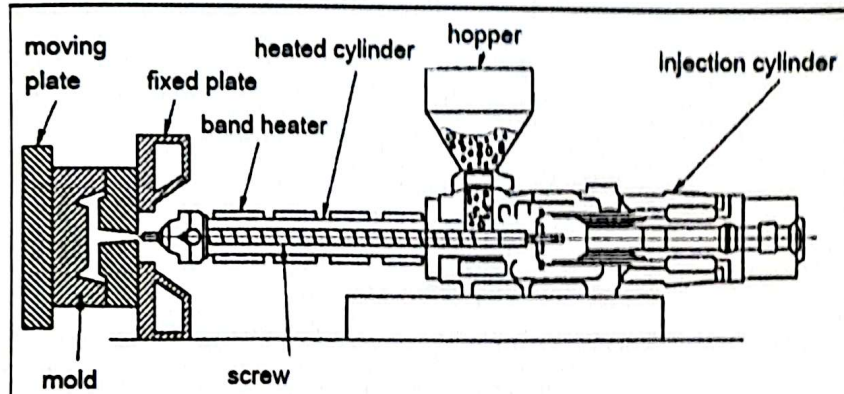


Gambar 2.13 Mesin *kneader*
Sumber: Gaurav, 2016

Alat ini memanfaatkan panas dari *steam* untuk memanaskan bahan baku. *Kneader* dapat digunakan untuk padatan seperti biji plastik dan karet, didalam *kneader* akan di *mixing* sehingga bahan baku menjadi homogen. *Kneader* dijalankan dengan suhu yang berbeda tergantung kebutuhan dari bahan baku yang digunakan, untuk polipropilena menggunakan suhu 200°C selama kurang lebih 15 menit.

2.6 *Injection Moulding*

Pencetakan dengan metode injeksi adalah proses manufaktur untuk kedua bahan plastik termoplastik dan termoset. Komposit dimasukkan ke dalam *heated barrel/heated cylinder*, dicampur, dan didorong ke dalam rongga cetakan dimana lelehan mendingin dan mengeras ke rongga cetakan. *Injection moulding* digunakan untuk menciptakan banyak hal seperti kumparan kawat, kemasan, tutup botol, dasbor otomotif, sisir, dan sebagian besar produk plastik lainnya yang tersedia saat ini. Proses ini sangat ideal untuk menghasilkan produksi skala besar dari bentuk yang sama [18].



Gambar 2.14 *Injection Moulding*
Sumber: Tom Osswald, 2000

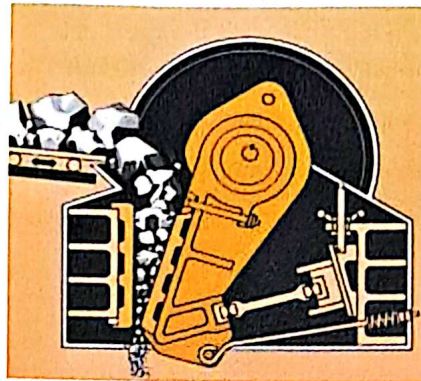
- Kelebihan *injection moulding* : Desain kompleks dapat diproduksi, siklus waktu relatif singkat, *injection moulding* biasanya otomatis.
- Kekurangan *injection moulding*: Biaya cetakan sangat mahal
- Aplikasi: Berbagai macam komponen mobil, bak mandi, bodi mobil, dan banyak produk plastik yang ada saat ini.

2.7 *Crusher*

Crusher adalah sebuah alat yang digunakan untuk menghancurkan dari sebuah bongkahan besar menjadi berukuran lebih kecil. *Crusher* banyak dimanfaatkan dalam bidang pertambangan dan industri. Dalam operasionalnya mesin-mesin *crusher* memiliki peran sendiri-sendiri dalam menghasilkan ukuran-ukuran atau spesifikasi material yang diinginkan. Ada yang menghancurkan, menggiling bahkan menghaluskan berbagai macam batu-batuan atau material lainnya sesuai karakteristik material tersebut maupun hasil yang dibutuhkan [19]. Berikut beberapa macam jenis *crusher* dan kegunaannya :

1. Mesin *Jaw Crusher*

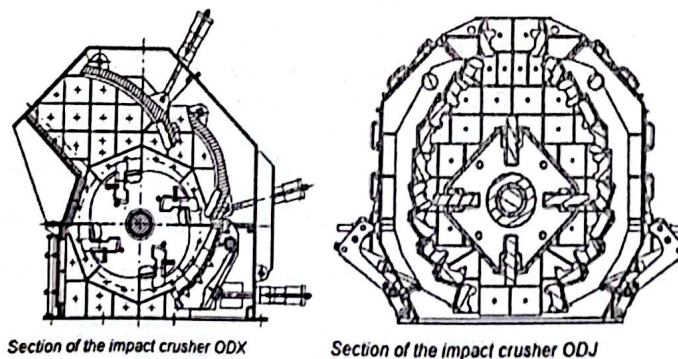
Jaw crusher merupakan jenis *crusher* yang paling umum digunakan dalam dunia pertambangan. Mesin ini mampu menekan dan menghancurkan batu-batuan seperti batu gunung, batu kali, batu besi, batu mineral, batu mangan [19].



Gambar 2.15 Jaw Crusher
Sumber: Aubema, 2015

2. Mesin *Impact Crusher*

Impact crusher merupakan jenis *crusher* dengan menggunakan sistem pukul *rotary*. Dengan kecepatan rpm-nya yang sangat tinggi mesin ini dapat menghancurkan batu gunung dan batu kali sehingga menghasilkan batu-batu dengan ukuran yang relatif kecil, dan bervariasi [20].

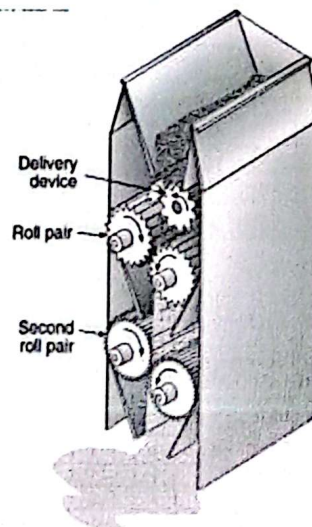


Gambar 2.16 *Impact Crusher*
Sumber: Austln, 2016

3. Mesin *Roll Crusher*

Roll crusher adalah jenis mesin yang menggunakan sistem gilas *rotary*. Dengan sistem yang sama dengan *impact crusher* namun dengan kecepatan rpm yang lebih rendah yaitu sekitar 300 rpm, mesin ini mampu menghasilkan produk yang jauh lebih besar. Dalam dunia pertambangan mesin *roll crusher* ini digunakan untuk

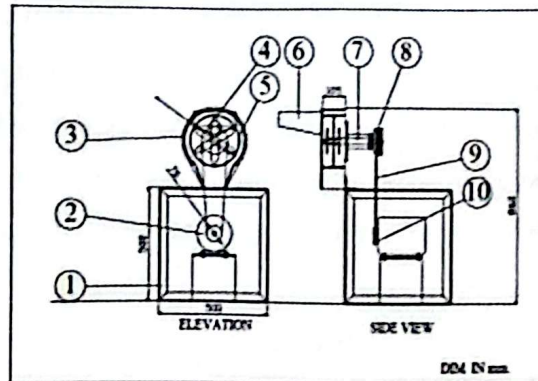
menghancurkan batu-batuan dengan tingkat kekerasan dan keuletan yang relatif lebih rendah seperti batu tembaga, batu kapur, batu bara, bahan semen. Namun dalam operasionalnya mesin ini harus disesuaikan antara kualitas/jenis material gigi gilasnya, ukuran *shaft* dan *fly wheel*-nya dengan *raw material* dan jumlah/target produk yang akan dihasilkan [21].



Gambar 2.17 Roll Crusher
Sumber: Kim Koch, 2002

4. Mesin Hammer Mill

Mesin ini menggunakan sistem yang sama dengan *impact crusher* yaitu sistem pukul *rotary* dengan kecepatan rpm yang tinggi. Namun mesin ini digunakan untuk menghasilkan produk dengan tingkat kehalusan hingga 80-100 mesh seperti pasir halus, tepung kapur, konsentrat mineral, zeolit, dolomit [21].



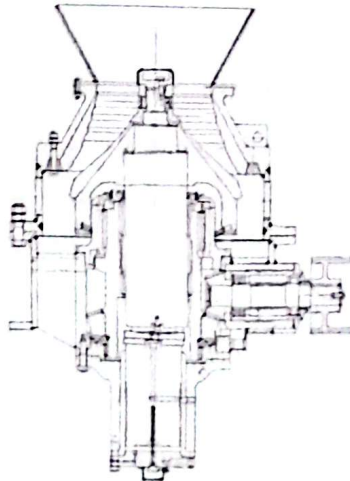
1- Main frame ,2-Single phase Electrical motor 1 k Watt, 3-Hammer mill housing ,4- Hammer mill, 5- Sieve, 6-Feeding hopper ,7-Hammer mill shaft , 8-Driven pulley, 9- Belt, 10-Drive pulley.

Gambar 2.18 Hammer Mill

Sumber: Hanafi,2015

5. Mesin Cone Crusher

Mesin ini merupakan jenis *crusher* yang cukup spesial. Mesin ini menggunakan sistem *vertical rotary* dengan kecepatan yang sekitar 500 rpm. Mesin *cone crusher* ini merupakan mesin kedua atau mesin lanjutan yang digunakan untuk menghancurkan pecahan batu yang berukuran sekitar 5-10 cm untuk menghasilkan ukuran-ukuran yang lebih kecil lagi sesuai yang diinginkan seperti bentuk kubus. Batu pecahan sebagai bahan material jalan raya adalah salah satu produk yang dihasilkan oleh mesin ini [22].

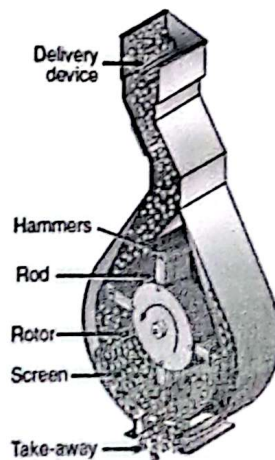


Gambar 2.19 Cone Crusher

Sumber: Aubema, 2015

6. Mesin *Hammer Roller Mill*

Mesin ini merupakan mesin *crusher* dengan sistem kerja yang sama dengan mesin *hammer mill*. Dapat digunakan pada batu mineral dengan tingkat kekerasan yang tinggi seperti emas, tambaga dan sebagainya, mesin *hammer roller mill* ini dapat menghasilkan produk dengan tingkat kehalusan yang tinggi hingga 200-300 mesh [23].



Gambar 2.20 *Hammer Roller Mill*
Sumber: Kim Koch, 2002

2.8 UL-94

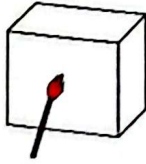

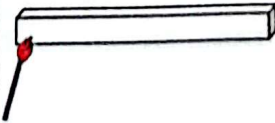
UL-94 merupakan standar metode uji untuk evaluasi produk untuk pengujian respon terhadap api yang diukur dari pengaplikasian material terhadap kemampuan merespon panas dan api dengan standar dari *Underwriters Laboratories Inc*. Namun standar ini tidak dibuat untuk menggambarkan bahaya dari sebuah material yang berada dibawah kondisi terbakar yang sesungguhnya.

Metode yang dijelaskan dalam UL-94 berupa standar alat uji, standar operasi penggunaan alat, uji, bentuk sampel uji, dan klasifikasi suatu material dijelaskan dalam tabel 2.1.

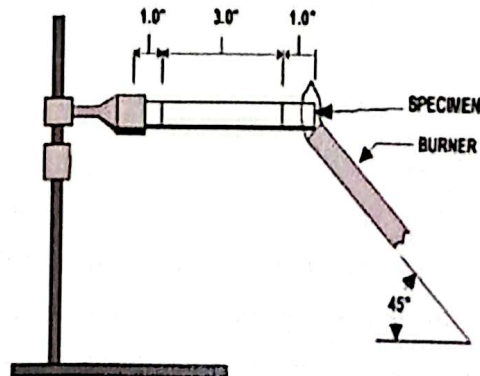
Tabel 2.1 Klasifikasi UL-94

Jenis UL-94	Keterangan
5VA (Pembakaran area permukaan)	Api padam selama ≤ 60 detik hasil akumulatif dari 5 kali proses pembakaran sampel selama 5 detik per proses pembakaran. Dimana spesimen kemungkinan tidak terdapat lubang yang menembus sampel
5VB (Pembakaran area permukaan)	Api padam selama ≤ 60 detik hasil akumulatif dari 5 kali proses pembakaran sampel selama 5 detik per proses pembakaran. Dimana spesimen kemungkinan terdapat lubang yang menembus sampel
V-0	Api padam selama ≤ 10 detik. Kriteria tidak ada nyala api dan tidak ada lelehan.
V-1	Api padam selama ≤ 60 detik. Kriteria tidak ada nyala api dan tidak ada lelehan.
V-2	Api padam selama ≤ 60 . Kriteria ada nyala api dan ada lelehan.
H-B	Sampel dengan ukuran ketebalan 3 mm dibakar. Kriteria rambat api pada sampel kurang dari 7,62 cm atau berhenti sebelum menyentuh 12,7 cm.

Tabel 2.2 Macam- macam uji UL-94

Pembakaran Permukaan	Pembakaran Vertikal	Pembakaran Horizontal
 <p>UL-94 5VA UL-94 5VB</p>	 <p>UL-94 V-0 UL-94 V-1 UL-94 V-2</p>	 <p>UL-94 5HB</p>

Dari Tabel 2.2 Adapun ukuran sampel yang ditetapkan untuk sampel pembakaran permukaan memiliki ukuran sisi 12,5x12,5 cm dan tebal 1,3 cm sedangkan untuk sampel pembakaran horizontal dan vertikal memiliki ukuran panjang 12,5 cm lebar 2,5 tebal 0,3 cm.

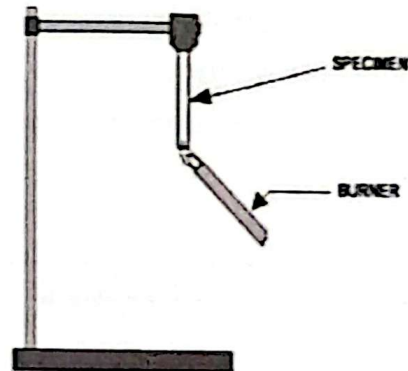


Gambar 2.21 Uji pembakaran horizontal dengan metode UL-94HB

Pada Gambar 2.21 Uji pembakaran horizontal 94HB merupakan tes termudah yang harus dilalui sebuah material. Pada uji ini biasanya untuk material yang diaplikasikan ke alat yang digunakan sementara atau tidak permanen seperti bagian dekorasi, peralatan rumah tangga (misalnya pengering rambut). Disebutkan bahwa dalam pengujian kriteria standar nyala api berwarna biru dengan tinggi 1,3 cm dan kemiringan sumber api 45 derajat. Sudut sumber api dimiringkan agar alat *burner* tidak dijatuhkan oleh tetesan bila saat sampel di uji terdapat lelehan yang jatuh.

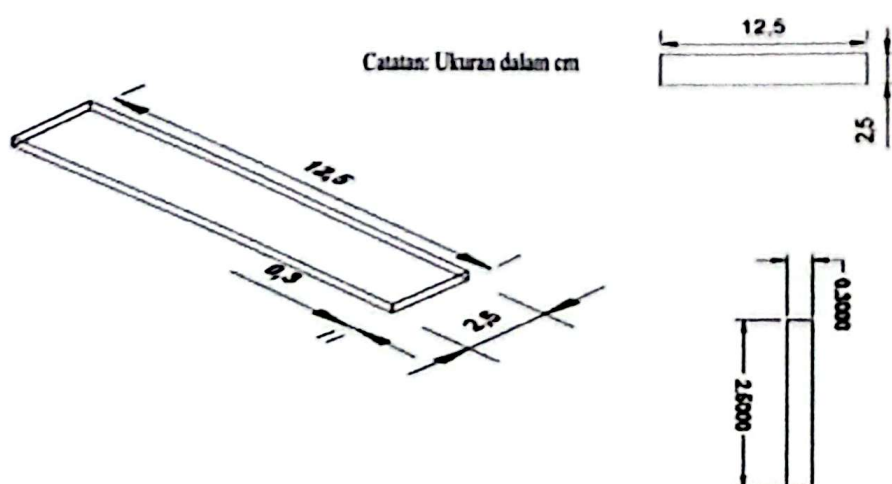
Tabel 2.3 Klasifikasi Material UL-94

Kriteria kondisi	V-0	V-1	V-2
Waktu padam setiap spesimen	≤ 10 s	≤ 30 s	≤ 30 s
Total waktu padam seluruh spesimen	≤ 50 s	≤ 250 s	≤ 250 s
Nyala api setelah pembakaran	≤ 30 s	≤ 60 s	≤ 60 s
Jangkauan terbakar	≤ 7,5 cm	≤ 12,5 cm	≤ 12,5 cm
Tetes dari pembakan sampel	Tidak	Tidak	Iya
Nyala api sampai ke klem penjempit	Tidak	Tidak	Tidak



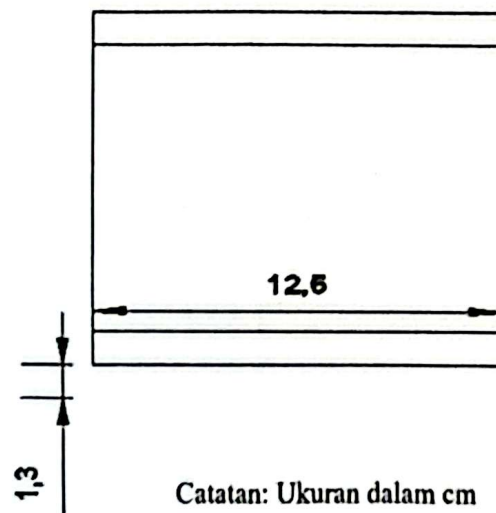
Gambar 2.22 Uji pembakaran Vertikal dengan metode UL-94V

Pada Gambar 2.22 Uji pembakaran horizontal 94V merupakan test yang cukup sulit yang harus dilalui sebuah material. Pada uji ini biasanya untuk material yang diaplikasikan ke alat yang digunakan selamanya atau permanen seperti Pembungkus kabel, layar proyektor, dll. Disebutkan bahwa dalam pengujian kriteria standar nyala api berwarna biru dengan tinggi 1,3 cm dan kemiringan sumber api 45°C. Sudut sumber api dimiringkan agar alat *burner* tidak dijatuhi oleh tetesan bila saat sampel di uji terdapat lelehan yang jatuh. Umumnya jika sebuah material lulus uji pembakaran vertikal maka bahan tersebut juga dapat dinyatakan lulus uji horizontal tanpa harus melakukan uji tersebut terlebih dahulu.



Gambar 2.23 Sampel pengujian dengan metode UL-94V dan UL-94HB
Sumber : Underwriter Laboratories, 1998

Pada Gambar 2.23 Sampel pengujian UL-94 memiliki dimensi panjang 12,5 cm, lebar 2,5 cm, tebal 0,3 cm yang merupakan ukuran uji yang telah di konversi dari inci menjadi cm dimana jika dalam satuan inci maka panjang 5 inci, lebar 1 inci, tebal 0,1 inci.



Gambar 2.24 Sampel pengujian dengan metode UL-94 5V
 Sumber : *Underwriter Laboratories*, 1998

Pada Gambar 2.24 Sampel pengujian UL-94 memiliki dimensi panjang 12,5 cm, lebar 12,5 cm, tebal 1,3 cm yang merupakan ukuran uji yang telah di konversi dari inci menjadi cm dimana jika dalam satuan inci maka panjang 5 inci, lebar 5 inci, tebal 0,5 inci.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data penelitian dilaksanakan di PT. Intera Polimer Lestari, Balaraja KM. 21 pada tanggal 1 Maret 2018 s.d 30 April 2018

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk analisis, terdiri dari :

1. Klem dan Statif
2. Bunsen
3. *Stopwatch*
4. Pemantik

Alat yang digunakan untuk proses, terdiri dari :

1. Wadah plastik
2. Sekop
3. Neraca digital
4. *Kneader*
5. Spatula
6. *Crusher*
7. *Injection moulding*
8. Gunting

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan adalah :

1. Resin Polipropilena
2. Polibromo Difenil Etana
3. Ammonium Polifosfat

3.3 Variabel

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini dalam tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Variabel tetap

Alat	Temperatur (°C)	Waktu (menit)
<i>Kneader</i>	200	20
<i>Injection Moulding</i>	210	1

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada penelitian ini variabel bebas yang ditetapkan adalah jumlah massa (%wt) dari komponen resin polipropilena, serta aditif bahan penghambat api. Tabel 3.1 memperlihatkan variasi komposisi komponen resin polipropilena dan aditif bahan penghambat api.

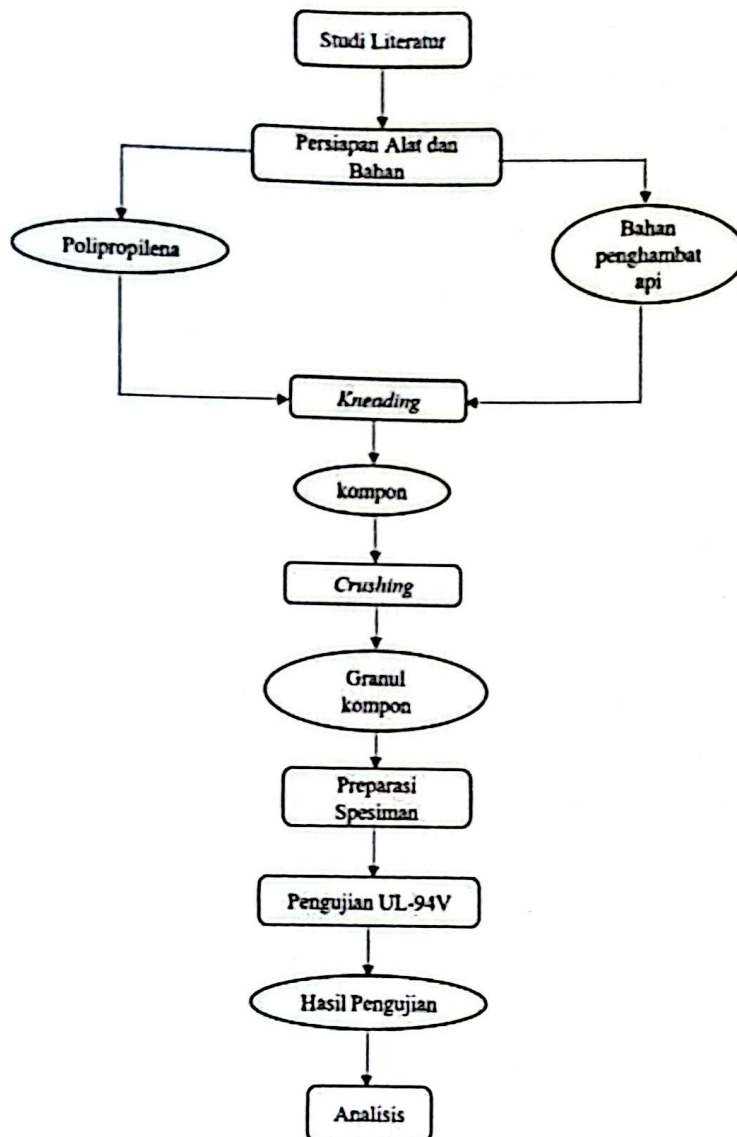
Tabel 3.2 Variabel bebas

Spesimen	Persentase berat (%)		
	Polipropilena (PP)	Polibromo Difenil Etana (PBDE)	Ammonium Polifosfat (APP)
1	80-89	11-20	0
2	70-79	21-30	0
3	60-69	31-40	0
4	80-89	0	11-20
5	70-79	0	21-30
6	60-69	0	31-40

Variasi rasio polipropilena dengan aditif bahan penghambat api untuk mengetahui pengaruh terhadap sifat mudah terbakar.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan tahapan yang dilakukan selama penelitian dimulai dari studi literatur, persiapan alat dan bahan, pembuatan spesimen kompon, pengujian UL-94V (sifat mudah terbakar) sampai dengan analisis data, dan mendapatkan hasil yang diharapkan. Berikut dibawah ini gambar 3.1. Diagram pembuatan kompon polipropilena.



Gambar 3.1 Diagram pembuatan kompon polipropilena

3.5 Pembuatan Spesimen Kompon Plastik

Pembuatan spesimen kompon plastik dilakukan dengan menggunakan mesin *kneader*. Kemudian melelehkan resin polipropilena didalam *kneader* selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan aditif bahan penghambat api kedalam *kneader* lalu di aduk selama 15 menit. Setelah itu keluarkan kompon polipropilena dari mesin *kneader* dan taruh diatas wadah sementara. Bentuk kompon propilena hasil dari *kneader* berbentuk bongkahan besar. Diamkan selama 15-20 menit agar suhu

kompon polipropilena lebih dingin. Lalu diperkecil menjadi seperti bentuk kerikil di *crusher*. kemudian dicetak menggunakan *injection moulding*. Proses di *injection moulding* lama proses ini ± 1 menit terdiri dari masuknya kompon polipropilena kedalam *hopper* lalu didorong kedalam *barrel* oleh *screw* diikuti oleh proses pemanasan oleh *heater* dengan waktu proses ± 10 detik, kemudian diinjeksikan kedalam cetakan dengan waktu proses 1-2 detik, lalu terjadi proses pendinginan spesimen di dalam cetakan ± 40 detik, setelah itu spesimen dikeluarkan dari cetakan, dan spesimen siap untuk digunakan.

3.6 Pengujian UL-94V (sifat mudah terbakar)

Pengujian termal dari spesimen yang dihasilkan dilakukan menggunakan metode UL-94V yang terdapat pada PT. Intera Polimer Lestari dengan prosedur sebagai berikut:

1. Persiapkan spesimen yang di uji.
2. Lepaskan spesimen (*core*) yang diuji dari *cavity*. Menggunakan gunting khusus untuk memotong spesimen yang ingin diuji.
3. Kalibrasi api pada Bunsen dengan kriteria api berwarna biru dan nyala api setinggi 1,3 cm.
4. Letakan spesimen di klem.
5. Dekatkan Sumber api lalu didiamkan selama ± 10 detik. Hitung waktu dengan *stopwatch*.
6. Jauhkan sumber api lalu amati waktu yang dibutuhkan spesimen untuk padam sepenuhnya tidak ada nyala atau bara api yang tersisa (padam sepenuhnya).
7. Catat waktu yang dibutuhkan spesimen untuk padam.
8. Lepaskan spesimen yang telah diuji dari klem.
9. Lakukan kembali hingga selesai.

3.7 Skema Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Intera Lestari Polimer. Penelitian ini berlangsung dari bulan Februari sampai dengan bulan Juni 2018.

Tabel 3.3 Skema Penelitian

No	Uraian	Februari				Maret				April				Mei				Juni		
		Minggu ke-																		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	Studi literatur	■	■	■	■															
2	Perencanaan Variasi Penelitian					■	■	■	■											
3	Preparasi alat									■										
4	Pembuatan kompon										■	■	■							
5	Pencetakan Spesimen													■	■	■	■			
6	Pengujian Spesimen																	■	■	■
7	Pengolahan Data																			■
8	Penyusunan Laporan																			■

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil analisis produk kompon polipropilena (PP)-aditif bahan penghambat api polibromo difenil etana (PBDE) dan ammonium polifosfat (APP) dengan pengujian UL-94V (Sifat mudah terbakar).

4.1 Hasil dan Pembahasan

4.1.1 Analisis UL-94V

Analisis UL-94V merupakan identifikasi sifat mudah terbakar. Pembakaran yang dilakukan selama 10 detik terhadap setiap spesimen uji. Hasil dari proses pengujian sifat mudah terbakar dan variasi spesimen pada polipropilena dapat dilihat dari Tabel sebagai berikut:

Tabel 4.1 Keterangan Kriteria Uji UL-94V

NO	Kriteria	Keterangan
1	V-0	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada nyala api • Tidak ada tetesan • Waktu untuk padam ≤ 10 detik • Luas area terbakar $\leq 7,5$ cm
2	V-1	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak ada nyala api • Tidak ada tetesan • Waktu untuk padam ≤ 30 detik • Luas area terbakar $\leq 7,5$ cm
3	V-2	<ul style="list-style-type: none"> • Ada nyala api • Ada tetesan • Waktu untuk padam ≤ 30 detik • Luas area terbakar $\leq 12,5$ cm
4	NR	• Tidak ada hasil

Catatan: NR merupakan keterangan dimana spesimen tidak termasuk dalam kategori UL-94V

Tabel 4.2 PP- PBDE (11-20 % berat)

NO	Spesimen	Waktu Untuk Padam (s)	Jangkauan Terbakar (cm)	Nyala api	Tetes	Sifat Mudah Terbakar
1	Spesimen 1	2	1,7	Tidak ada	Tidak ada	V-0
2	Spesimen 2	3	2,0	Tidak ada	Tidak ada	V-0
3	Spesimen 3	3	1,8	Tidak ada	Tidak ada	V-0
4	Spesimen 4	4	2,0	Tidak ada	Tidak ada	V-0
5	Spesimen 5	1	1,6	Tidak ada	Tidak ada	V-0

Pada Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari 5 buah spesimen 11-20% polibromo difenil etana waktu untuk padam 2,6 detik, jangkauan terbakar 1,8 cm, tidak terdapat nyala api, tidak terdapat tetesan setelah dijauhkan dari sumber api menunjukkan bahwa spesimen tersebut masuk dalam kriteria V-0 dimana tidak ada nyala api, tidak ada tetesan, waktu yang dibutuhkan untuk padam ≤ 10 detik, dan jangkauan terbakar $\leq 7,5$ cm.

Tabel 4.3 PP-PBDE (21-30 % berat)

NO	Spesimen	Waktu Untuk Padam (s)	Jangkauan Terbakar (mm)	Nyala api	Tetesan	Sifat Mudah Terbakar
1	Spesimen 1	2	17	Tidak ada	Tidak ada	V-0
2	Spesimen 2	2	15	Tidak ada	Tidak ada	V-0
3	Spesimen 3	3	18	Tidak ada	Tidak ada	V-0
4	Spesimen 4	4	20	Tidak ada	Tidak ada	V-0
5	Spesimen 5	1	16	Tidak ada	Tidak ada	V-0

Pada Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari 5 buah spesimen 21-30% polibromo difenil etana waktu untuk padam 2,4 detik, jangkauan terbakar 1,7 cm, tidak terdapat nyala api, tidak terdapat tetesan setelah dijauhkan dari sumber api menunjukkan bahwa spesimen tersebut masuk dalam kriteria V-0 dimana tidak ada nyala api, tidak ada tetesan, waktu yang dibutuhkan untuk padam ≤ 10 detik, dan jangkauan terbakar $\leq 7,5$ cm.

Tabel 4.4 PP-PBDE (31-40 % berat)

NO	Spesimen	Waktu Untuk Padam (s)	Jangkauan Terbakar (cm)	Nyala api	Tetesan	Sifat Mudah Terbakar
1	Spesimen 1	2	1,4	Tidak ada	Tidak ada	V-0
2	Spesimen 2	1	1,3	Tidak ada	Tidak ada	V-0
3	Spesimen 3	1	1,2	Tidak ada	Tidak ada	V-0
4	Spesimen 4	1	1,2	Tidak ada	Tidak ada	V-0
5	Spesimen 5	1	1,3	Tidak ada	Tidak ada	V-0

Pada Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari 5 buah spesimen 31-40% polibromo difenil etana waktu untuk padam 1,2 detik, jangkauan terbakar 1,3 cm, tidak terdapat nyala api, tidak terdapat tetesan setelah dijauhkan dari sumber api menunjukkan bahwa spesimen tersebut masuk dalam kriteria V-0 dimana tidak ada nyala api, tidak ada tetesan, waktu yang dibutuhkan untuk padam ≤ 10 detik, dan jangkauan terbakar $\leq 7,5$ cm.

Tabel 4.5 PP-APP (11-20 % berat)

NO	Spesimen	Waktu Untuk Padam (s)	Jangkauan Terbakar (cm)	Nyala api	Tetes	Sifat Mudah Terbakar
1	Spesimen 1	± 20	≤ 12,5	Ada	Ada	NR
2	Spesimen 2	± 20	≤ 12,5	Ada	Ada	NR
3	Spesimen 3	± 20	≤ 12,5	Ada	Ada	NR
4	Spesimen 4	± 20	≤ 12,5	Ada	Ada	NR
5	Spesimen 5	± 20	≤ 12,5	Ada	Ada	NR

Catatan: Asumsi Jangkauan terbakar ≤ 12,5 cm diambil dari api yang telah melebihi 10 cm pada waktu ± 20 detik.

Pada Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari 5 buah spesimen 11-20% ammonium polifosfat waktu untuk padam ± 20 detik, jangkauan terbakar ≤ 12,5 cm, terdapat nyala api, terdapat tetesan setelah dijauhkan dari sumber api menunjukkan bahwa spesimen tersebut tidak termasuk dalam kriteria uji.

Tabel 4.6 PP-APP (21-30 % berat)

NO	Spesimen	Waktu Untuk Padam (s)	Jangkauan Terbakar (cm)	Nyala api	Tetes	Sifat Mudah Terbakar
1	Spesimen 1	9	5,2	Tidak ada	Ada	V-2
2	Spesimen 2	11	4,4	Tidak ada	Ada	V-2
3	Spesimen 3	12	6,0	Tidak ada	Ada	V-2
4	Spesimen 4	10	4,0	Tidak ada	Ada	V-2
5	Spesimen 5	13	5,7	Tidak ada	Ada	V-2

Pada Tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari 5 buah spesimen 21-30% ammonium polifosfat waktu untuk padam 11 detik, jangkauan terbakar 5,0 cm, tidak terdapat nyala api, terdapat tetesan setelah dijauhkan dari sumber api menunjukkan bahwa spesimen tersebut masuk dalam kriteria V-2 dimana ada nyala api, ada tetesan, waktu yang dibutuhkan untuk padam ≤ 30 detik, dan jangkauan terbakar ≤ 12,5 cm.

Tabel 4.7 PP-APP (31-40 % berat)

NO	Spesimen	Waktu Untuk Padam (s)	Jangkauan Terbakar (cm)	Nyala api	Tetes	Sifat Mudah Terbakar
1	Spesimen 1	2	1,5	Tidak ada	Tidak ada	V-0
2	Spesimen 2	2	1,4	Tidak ada	Tidak ada	V-0
3	Spesimen 3	1	1,3	Tidak ada	Tidak ada	V-0
4	Spesimen 4	1	1,2	Tidak ada	Tidak ada	V-0
5	Spesimen 5	1	1,3	Tidak ada	Tidak ada	V-0

Pada Tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa rata-rata dari 5 buah spesimen 31-40% ammonium polifosfat waktu untuk padam 1,4 detik, jangkauan terbakar 1,3 cm, tidak terdapat nyala api, tidak terdapat tetesan setelah dijauhkan dari sumber api menunjukkan bahwa spesimen tersebut masuk dalam kriteria V-0 dimana tidak ada nyala api, tidak ada tetesan, waktu yang dibutuhkan untuk padam ≤ 10 detik, dan jangkauan terbakar $\leq 7,5$ cm.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada data hasil pengujian serta analisa data dari pengujian kompon polipropilena-aditif bahan penghambat api halogen dan bebas halogen dapat diperoleh kesimpulan bahwa diperlukan 31-40 % ammonium polifosfat untuk mempengaruhi sifat mudah terbakar pada kompon polipropilena. Dimana tidak terdapat nyala api saat padam, tidak ada tetesan, waktu untuk padam rata-rata dibawah 10 detik yaitu 1,4 detik, dan jangkauan terbakar sudah dibawah 7,5 cm yaitu 1,3 cm. Sedangkan polibromo difenil etana memerlukan 11-20% untuk mempengaruhi sifat mudah terbakar. Dimana tidak terdapat nyala api dan tetesan, waktu untuk padam rata-rata sudah dibawah 10 detik yaitu 2,6 detik, jangkauan terbakar sudah dibawah 7,5 cm yaitu 1,8 cm.

5.2 Saran

Untuk mendapat hasil yang lebih baik penulis menyarankan terkait penelitian sebagai berikut :

1. Sebaiknya aditif dibuat homogen terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam *kneader*.
2. Penambahan waktu tinggal di *kneader* alangkah lebih baik jika ditambahkan dari 15 menit menjadi 20 menit agar proses pencampuran merata.
3. Proses pengangkatan kompon dari *kneader* sebaiknya tidak lebih dari 3 menit agar kompon tidak rusak.
4. Ada baiknya melakukan studi terkait ekonomis penggunaan ammonium polifosfat dibanding polibromo difenil etana sebagai bahan penghambat api pada plastik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Surono, Untoro Budi. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra, Yogyakarta. Indonesia.
2. Sehic, Alisa. 2016. *Flame Retardant and Environmental Issues*. University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Slovenia.
3. Ramli Thahir, Alwathan, Mustafa.2012. Spesifikasi dan Analisa Kualitas Bahan Bakar Hasil Pirolisis Sampah Plastik Jenis Polipropilena (153-158).
4. Ratna Sari, Linda. 2017. Makalah Polimer Resin dan Zat Aditif. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh. Lhokseumawe. Indonesia
5. Yun Santoso, Wahyu, 2009. Urgensi Ratifikasi *The 2001 Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* bagi Indonesia. Fakultas Hukum, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta, Indonesia.
6. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/18308/Fokus-Kembangkan-Industri-Hijau,-Kemenperin-Kunjungan-Kerja-ke-Tiongkok>
7. Kasmudjiastuti, Emilia, 2011. Penambahan *Flame Retardant* pada PVC dan LDPE. Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik. Yogyakarta, Indonesia.
8. Nurhajati, D. W., Yuniari, A., 2011. Termal komposit HDPE/NPCC, Majalah Kulit, Karet dan Plastik. Yogyakarta, Indonesia.
9. Song, Pingan. 2016. *Fabrication of Green Lignin-based Flame Retardants for Enhancing the Thermal and Fire Retardancy Properties of Polypropylene/Wood Composite*. Taizhou University, Cina.
10. Diharjo, Kuncoro. 2012. Sifat Tahan Api Komposit Geopolimer. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Solo, Indonesia.
11. Beard, Adrian. *Flame Retardant Frequently Asked Questions*. The European Flame Retardants Association (EFRA). 2007. Belgia.

12. Eriningsih, Rifaida. 2011. *Flame Resistant Sunvisor Composite with Pineapple Leaf as Raw Material*. Balai Besar Tekstil, Institut Teknologi Bandung, Indonesia
13. Giraud, Stephane. 2016. *History and Evolution of Fire Retardants for Textile*. University Lille Nord de France. Perancis
14. SNI 1741: 2008. Cara Uji Ketahanan Api Komponen Struktur Bangunan Untuk Pencegahan Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung.
15. *Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances*. 5th edition. 1998. Underwriters Laboratories of the United States America. Amerika Serikat.
16. Chen, S., Sun, B., Huang, G., Guo, H., and Wang, S., 2013. *Effects of an (Intumescent flame retardant) montmorillonite combination on the thermal stability and fire retardant properties of LDPE/EVA nanocomposites*, *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 19(4): 285-292. Qingdao University of Science and Technology. Qingdao-Shandong. Cina
17. S Patel, Gaurav. 2016. *Productivity Improvement of Rubber Roller Mixing Process using Cause and Effect Analysis: A case study*. Nirma University *Journal of Engineering and Technology* vol. 5. India.
18. Osswald, Tim. 2000. *Injection Molding Handbook*. University of Wisconsin, Madison. United States of America.
19. Aubema. 2010. *Jaw Crusher Handbook*. Maschinen Mit Biss. England.
20. Clinton, Austin. 2016. *Impact Crusher Handbook*. PSP Engineering. Czech Republic.
21. Koch, Kim. 2002. *Hammermills and Roller Mills*. Northern Crops Institute North Dakota State University Fargo. United States of America.
22. Evertsson, Carl Magnus. 2000. *Cone Crusher Performance*. Department of Machine and Vehicle Design. Chalmers University of Technology Goteborg. Sweden.

23. Egi, Mh. *Design, Fabrication and Testing of a Double Roll Crusher*. Department of Mechanical Engineering, school of Engineering and Engineering Technology, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.
24. Sannier, Rodolphe, Fedy, Laurent, Tague, Aurélie. 2011. *Flame Retardant Bifunctional polymers*, Department Centre for Materials Engineering, France's
25. Ranzaningsih, Devi, dkk. 2017. *Pengukuran Sifatnya Polihrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) di Utara Ambien Menggunakan Polynurethane Foam-disk (PUF-Disk)*. Tangerang-Banten, Indonesia.
26. Anum Yuniari, 2014. *Karakteristik Sifat Mekanik, Ketahanan Api dan Pembakaran, dan Morfologi Nanokomposit Campuran PVC dan LDPE*. Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik, Yogyakarta, Indonesia.
27. Radwan, Hatati. 2015. *Design and Evaluate of a Small Hammer Mill*. Agricultural Engineering Research Institute, Egypt.

LAMPIRAN A
GAMBAR ALAT DAN BAHAN



Gambar *Kneader*



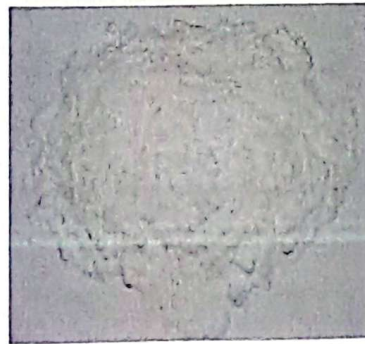
Gambar *Crusher*



Gambar (a) Statif dan Klem, (b) Bunsen untuk Uji UL-94V (sifat mudah terbakar)



Polipropilena

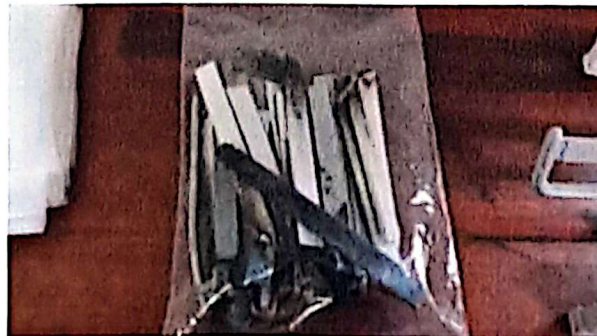


Bahan penghambat api (APP)

LAMPIRAN B
HASIL UJI



Gambar Sampel Uji



Gambar Sampel Setelah Uji